

**Аннотация:**

Курс про устройство ядра Linux, от самых простых понятий до сложных концепций. Курс будет интересен и полезен студентам, кто хочет подробнее разобраться в том, как устроены операционные системы Linux, какие механизмы и подходы в них реализованы, а также набраться опыта низкоуровневой разработки.

**Программа учебной дисциплины  
«Ядро Linux»**

Утверждена  
Академическим советом ОП  
Протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 20\_\_\_\_

|                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Разработчик                     | Михалевич Александр            |
| Число кредитов                  | 3                              |
| Контактная работа (час.)        | 24                             |
| Самостоятельная работа (час.)   | 24                             |
| Курс, Образовательная программа | Курс не указан, ОП не указана  |
| Формат изучения дисциплины      | Без использования онлайн курса |

**1. Цель, результаты освоения дисциплины и пререквизиты**

Цели:

1. Познакомиться и изучить основные механизмы и понятия семейства операционных систем Linux

Планируемые результаты обучения (ПРО):

1. Знать базовые понятия ядра Linux
2. Знать основные структуры ядра
3. Иметь базовые навыки работы в CLI
4. Понимать, что такое аппаратная и программная виртуализация
5. Знать основные программные средства для виртуализации
6. Уметь разворачивать виртуальные машины
7. Знать базовые понятия о процессах
8. Иметь понимание о работе планировщика в Linux
9. Ознакомиться с реализацией планировщика в Linux
10. Знать, что такое прерывания
11. Уметь реализовывать обработчик прерывания
12. Знать основные термины прерываний
13. Знать, что такое атомарные операции и спин-блокировки
14. Знать и уметь работать с мьютексами и семафорами
15. Знать, что такое барьеры и каких типов они бывают
16. Знать, как устроена работа со временем в Linux
17. Уметь реализовывать таймеры и их обработчики
18. Уметь реализовывать задержку выполнения
19. Знать, что такое страничная организация памяти, выделение страниц
20. Понимать, как работает блочное распределение памяти
21. Понимать, как работает выделение памяти для конкретного процессора
22. Понимать, что такое области виртуальной памяти
23. Уметь работать с областями памяти
24. Знать методики кэширования
25. Знать, что такое буферный кэш
26. Знать, что такое потоки синхронизатора
27. Уметь понимать диагностические сообщения
28. Уметь задавать конфигурацию для отладки ядра

## Пререквизиты:

1. Уверенное знание C
2. Уверенное знание ОС GNU/Linux на уровне пользователя

## 2. Содержание учебной дисциплины

| Тема (раздел дисциплины)                                 | Объем<br>в часах | Планируемые результаты обучения<br>(ПРО), подлежащие контролю                                                                                                                                           | Формы<br>контроля |
|----------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|                                                          | лк               |                                                                                                                                                                                                         |                   |
|                                                          | см/пр            |                                                                                                                                                                                                         |                   |
|                                                          | онл/ср           |                                                                                                                                                                                                         |                   |
| 1. Базовые понятия                                       | 0                | 1. Знать базовые понятия ядра Linux<br>2. Знать основные структуры ядра<br>3. Иметь базовые навыки работы в CLI<br>4. Уметь разворачивать виртуальные машины                                            | 1.                |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
| 2. Виртуализация                                         | 0                | 1. Понимать, что такое аппаратная и программная виртуализация<br>2. Знать основные программные средства для виртуализации                                                                               | 2.                |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
| 3. Управление процессами                                 | 0                | 1. Знать базовые понятия о процессах<br>2. Иметь понимание о работе планировщика в Linux<br>3. Ознакомиться с реализацией планировщика в Linux                                                          | 3.                |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
| 4. Прерывания и их обработка: верхняя и нижняя половины. | 0                | 1. Знать, что такое прерывания<br>2. Уметь реализовывать обработчик прерывания<br>3. Знать основные термины прерываний                                                                                  | 4.                |
|                                                          | 5                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
|                                                          | 5                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
| 5. Синхронизация кода ядра                               | 0                | 1. Знать, что такое атомарные операции и спин-блокировки<br>2. Знать и уметь работать с мьютексами и семафорами<br>3. Знать, что такое барьеры и каких типов они бывают                                 | 5.                |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
| 6. Таймеры и управление временем                         | 0                | 1. Знать, как устроена работа со временем в Linux<br>2. Уметь реализовывать таймеры и их обработчики<br>3. Уметь реализовывать задержку выполнения                                                      | 6.                |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
| 7. Управление памятью                                    | 0                | 1. Знать, что такое страничная организация памяти, выделение страниц<br>2. Понимать, как работает блочное распределение памяти<br>3. Понимать, как работает выделение памяти для конкретного процессора | 7.                |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |
|                                                          | 2                |                                                                                                                                                                                                         |                   |

|                                        |    |                                                                                                                |    |
|----------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 8. Работа с памятью                    | 0  | 1. Понимать, что такое области виртуальной памяти<br>2. Уметь работать с областями памяти                      | 7. |
|                                        | 2  |                                                                                                                |    |
|                                        | 2  |                                                                                                                |    |
| 9. Кэш                                 | 0  | 1. Знать методики кэширования<br>2. Знать, что такое буферный кэш<br>3. Знать, что такое потоки синхронизатора | 8. |
|                                        | 2  |                                                                                                                |    |
|                                        | 2  |                                                                                                                |    |
| 10. Отладка ядра                       | 0  | 1. Уметь понимать диагностические сообщения<br>2. Уметь задавать конфигурацию для отладки ядра                 | 9. |
|                                        | 3  |                                                                                                                |    |
|                                        | 3  |                                                                                                                |    |
| <b>Часов по видам учебных занятий:</b> | 0  |                                                                                                                |    |
|                                        | 24 |                                                                                                                |    |
|                                        | 24 |                                                                                                                |    |
| <b>Итого часов:</b>                    | 48 |                                                                                                                |    |

### Содержание разделов дисциплины:

#### 1. Базовые понятия

Устройство ядра Linux. Подсистемы Linux. Системные функции. Структуры данных ядра.

#### 2. Виртуализация

Аппаратная и программная виртуализация. Виртуализация в Linux. KVM. Qemu, Virtualbox.

#### 3. Управление процессами

Управление процессами: понятие процесса, дескриптор процесса, реализация потоков в ядре. Системный планировщик и диспетчеризация процессов: стратегия планирования, алгоритм работы планировщика, реализация планировщика в Linux, планирование в режиме реального времени.

#### 4. Прерывания и их обработка: верхняя и нижняя половины.

Верхняя половина: регистрация обработчика прерывания, написание обработчика прерывания, контекст прерывания, система обработки прерывания и ее реализация, управление прерываниями. Нижняя половина: отложенные прерывания, тасклеты, очереди отложенных действий, блокировки между нижними половинами обработчиков.

#### 5. Синхронизация кода ядра

Синхронизация кода ядра: критические участки, доступ к системным ресурсам, блокировки и взаимоблокировки. Средства синхронизации ядра: атомарные операции, спин-блокировки, семафоры, мьютексы, условные переменные. VKL. Последовательные блокировки. Барьеры.

#### 6. Таймеры и управление временем

Таймеры и управление временем. Учет времени в ядре. Переменная jiffies. Аппаратные часы и таймеры, абсолютное время. Реализация таймеров. Обработчик прерываний таймера. Задержка выполнения.

#### 7. Управление памятью

Управление памятью. Страничная организация памяти, зоны. Блочное распределение памяти. Выделение страниц памяти. Статическое выделение памяти в стеке. Выделение памяти для конкретного процессора. Интерфейс pci.

#### 8. Работа с памятью

Адресное пространство процесса. Дескриптор памяти. Области виртуальной памяти. Работа с областями памяти. Таблицы страниц.

#### 9. Кэш

Страничный кэш и отложенная запись страниц. Методики кэширования. Реализация страничного кэша в Linux. Буферный кэш. Потоки синхронизатора.

#### 10. Отладка ядра

Отладка ядра. Диагностические сообщения, сообщения Oops. Параметры конфигурации для отладки ядра.

### 3. Оценивание

- 1, Не блокирующее, Домашнее задание
- 2, Не блокирующее, Домашнее задание
- 3, Не блокирующее, Домашнее задание
- 4, Не блокирующее, Домашнее задание
- 5, Не блокирующее, Домашнее задание
- 6, Не блокирующее, Домашнее задание
- 7, Не блокирующее, Домашнее задание
- 8, Не блокирующее, Домашнее задание
- 9, Не блокирующее, Домашнее задание

**Формула округления:** Стандартное арифметическое округление

**Шкала оценки:** Десятибалльная

**Вид формулы оценивания:** Линейная

**Формула оценивания:**

Оценка = Округление(Среднее(ДЗ1, ДЗ2, ДЗ3, ДЗ4, ДЗ5, ДЗ6, ДЗ7, ДЗ8, ДЗ9))

### 4. Примеры оценочных средств

Примеры домашних заданий: <https://drive.google.com/open?id=1GYZN-iZ9ooPIVnZ44732aSPeb2ATD2Er>

### 5. Ресурсы

#### 5.1. Рекомендуемая основная литература

| п/п | Наименование                                             |
|-----|----------------------------------------------------------|
| 1   | Эндрю Таненбаум, Х. Бос Современные операционные системы |
| 2   | Роберт Лав Ядро Linux. Описание процесса разработки      |
| 3   | Эндрю Таненбаум, Тод Остин Архитектура компьютера        |
| 4   | Дмитрий Кетов Linux. Внутреннее устройство               |

#### 5.2. Рекомендуемая дополнительная литература

Не требуется

#### 5.3. Программное обеспечение

| п/п | Наименование                                                                                           | Условия доступа/скачивания                |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1   | Microsoft Windows 7 Professional RUS<br>Microsoft Windows 8.1 Professional RUS<br>Microsoft Windows 10 | Из внутренней сети университета (договор) |
| 2   | Microsoft Office Professional Plus 2010                                                                | Из внутренней сети университета (договор) |
| 3   | Ubuntu 18.04                                                                                           | open-source                               |

#### 5.4. Профессиональные базы данных, информационные справочные системы, интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)

| п/п | Наименование                                                          | Условия доступа/скачивания                                             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|     | <b>Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы</b> |                                                                        |
| 1   | Электронно-библиотечная система Юрайт                                 | URL: <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a> |
|     | <b>Интернет-ресурсы (электронные образовательные ресурсы)</b>         |                                                                        |
| 1   | Открытое образование                                                  | URL: <a href="https://openedu.ru/">https://openedu.ru/</a>             |

### 5.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для лекционных по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

- ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);
- мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для семинарских и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены ПЭВМ, с возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.

### **6. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

6.1.1. *для лиц с нарушениями зрения:* в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.2. *для лиц с нарушениями слуха:* в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

6.1.3. *для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:* в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.